

訂正版

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005年1月20日 (20.01.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/006006 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01R 31/36
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009749
- (22) 国際出願日: 2004年7月8日 (08.07.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-194655 2003年7月9日 (09.07.2003) JP  
特願2004-069762 2004年3月11日 (11.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 古河電気工業株式会社 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO.,

LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 Tokyo (JP). 古河電池株式会社 (THE FURUKAWA BATTERY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2400006 神奈川県横浜市保土ヶ谷区星川2丁目4番1号 Kana-gawa (JP).

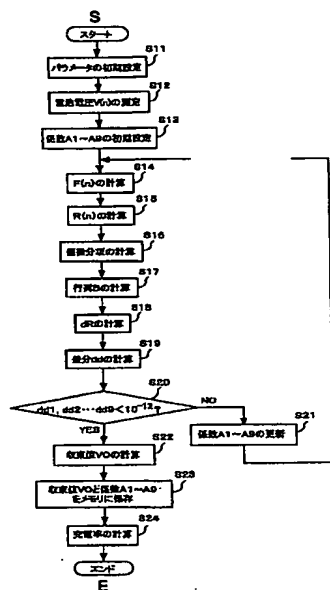
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩根典靖 (IWANE, Noriyasu) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 渡辺勇一 (WATANABE, Yuichi) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 杉村竹三 (SUGIMURA, Takezo) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 佐藤敏幸

[続葉有]

(54) Title: CHARGING RATE ESTIMATING METHOD, CHARGING RATE ESTIMATING UNIT AND BATTERY SYSTEM

(54) 発明の名称: 充電率推定方法、充電率推定装置及び電池システム



S...START  
 S11...INITIAL SETTING OF PARAMETERS  
 S12...MEASUREMENT OF BATTERY VOLTAGE V(N)  
 S13...INITIAL SETTING OF COEFFICIENTS A1-A9  
 S14...CALCULATION OF F(N)  
 S15...CALCULATION OF R(N)  
 S16...CALCULATION OF PARTIAL DIFFERENTIATION TERM  
 S17...CALCULATION OF MATRIX B  
 S18...CALCULATION OF DR  
 S19...CALCULATION OF DIFFERENCE DD  
 S21...UPDATE OF COEFFICIENTS A1-A9  
 S22...CALCULATION OF CONVERGED VALUE VO  
 S23...STORE CONVERGED VALUE VO AND COEFFICIENTS A1-A9 IN MEMORY  
 S24...CALCULATION OF CHARGING RATE  
 E...END

(57) Abstract: A method for estimating the charging rate accurately by approximating the open circuit voltage of a secondary battery with high precision. In the charging rate estimating method, initial setting of required parameters is performed in order to estimate the charging rate of a secondary battery for feeding power to a load (step S11), voltage of the secondary battery is measured within a specified time after ending charge/discharge and a plurality of voltage measurements are acquired on the time axis (step S12), sequential calculation is performed using them (steps S14-S21), coefficients of a second or higher order exponential damping function approximating the time characteristics of open circuit voltage of the secondary battery are determined and the converged value of open circuit voltage of the secondary battery is determined at least based on the coefficients thus determined (step S22), and then the charging rate is estimated based on the converged value of open circuit voltage (step S24).

[続葉有]



(SATO, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 木村貴史 (KIMURA, Atsushi) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 岩花史和 (IWAHANA, Fumikazu) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 稲庭克己 (INANIWA, Katsumi) [JP/JP]; 〒2400006 神奈川県横浜市保土ヶ谷区星川2丁目4番1号古河電池株式会社内 Kanagawa (JP). 加納哲也 (KANOU, Tetsuya) [JP/JP]; 〒2400006 神奈川県横浜市保土ヶ谷区星川2丁目4番1号古河電池株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 川和高穂 (KAWAWA, Takaho); 〒1080073 東京都港区三田三丁目1-10三田マルハチビルディング7階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(48) この訂正版の公開日: 2005年3月17日

(15) 訂正情報:  
PCTガゼット セクションIIのNo.11/2005 (2005年3月17日)を参照

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 二次電池の開回路電圧を高い精度で近似し、充電率を正確に推定可能な充電率推定方法等を提供する。  
本発明の充電率推定方法は、負荷に電力を供給する二次電池の充電率を推定すべく、処理に必要なパラメータの初期設定を行った後 (ステップS11)、充放電終了後の所定時間内に二次電池の電圧を測定して時間軸上で複数の電圧測定値を取得し (ステップS12)、それらを用いて逐次計算を行い (ステップS14~S21)、二次電池の開回路電圧の時間特性を近似する2次以上の指数減衰関数の係数を決定し、少なくとも決定した係数に基づき二次電池の開回路電圧の収束値を求め (ステップS22)、開回路電圧の収束値に基づき充電率を推定する (ステップS24)。

## 明 細 書

### 充電率推定方法、充電率推定装置及び電池システム

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、負荷に電力を供給する二次電池の充電率を推定する充電率推定方法及び充電率推定装置の技術分野に関するものである。

#### 背景技術

- [0002] 従来から、各種装置のバックアップ用や各種装置の電源用等の二次電池、自動車等に搭載される鉛蓄電池等の二次電池に関し、残存する充電率を正確に知ることが要請されている。一般に、二次電池においては充電率と開回路電圧に相関があるため、開回路電圧を求めることにより充電率を推定することができる。しかし、二次電池の開回路電圧は充電又は放電を行っていない状態で行う必要があるとともに、充電又は放電の終了後に開回路電圧が安定するまでには長い時間を要する。そのため、所定の条件下で二次電池の開回路電圧を短時間内に測定し、開回路電圧の時間特性を近似する関数に基づき開回路電圧の収束値を求める方法が種々提案されている(例えば、特許文献1〜3)。

特許文献1:特開平7-98367号公報

特許文献2:特開2002-234408号公報

特許文献3:特開2003-75518号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0003] 上記従来の方法で二次電池の開回路電圧の収束値を求める場合、その精度は近似計算に用いる関数の精度に依存する。例えば、多項式関数や対数関数などの時間特性を持つ関数に基づき開回路電圧の収束値を計算する方法が一般的である。しかし、これらの関数は、二次電池の開回路電圧の時間特性を高い精度で近似することは困難であり、求めた開回路電圧の収束値の誤差が大きくなってしまう。よって、上記従来の方法により二次電池の充電率を推定する場合、近似計算に用いる関数の制約から高い精度を確保することは難しく、正確な充電率を推定し得ないことが問

題となる。

- [0004] そこで、本発明はこれらの問題を解決するためになされたものであり、二次電池の開回路電圧を高い精度で近似して短時間内に開回路電圧の収束値を求め、二次電池の充電率を正確に推定することができる充電率推定方法等を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0005] 上記課題を解決するために、発明の第1態様に係る充電率推定方法は、負荷に電力を供給する二次電池の充電率を推定する充電率推定方法であって、充放電終了後の所定時間内に前記二次電池の電圧を測定し、時間軸上で複数の電圧測定値を取得し、前記複数の電圧測定値を用いて逐次計算を行い、前記二次電池の開回路電圧の時間特性を近似する2次以上の指数減衰関数の係数を決定し、少なくとも前記決定した係数に基づき前記二次電池の開回路電圧の収束値を求め、前記開回路電圧の収束値に基づき前記充電率を推定することを特徴とする。
- [0006] この発明によれば、二次電池の充放電終了後の所定時間内に時間軸上で複数の電圧測定値を取得し、それによって逐次計算を行い二次電池の開回路電圧の収束値を求める。このとき、二次電池の開回路電圧の時間特性を近似するために2次以上の指数減衰関数を用いたので、多項式関数や対数関数を用いる場合に比べて格段に近似の精度を向上させることができる。そして、求めた開回路電圧の収束値に基づき二次電池の充電率を推定するようにしたので、開回路電圧の時間特性の精度を反映して正確な充電率の推定を行うことができる。
- [0007] 本発明の第2態様に係る充電率推定方法は、本発明の第1態様に係る充電率推定方法において、時間軸上で前記複数の電圧測定値を取得するタイミングに応じて、前記2次以上の指数減衰関数に含まれる所定の項を除外して前記二次電池の開回路電圧の収束値を求めることを特徴とする。
- [0008] この発明によれば、本発明の第1態様に係る充電率推定方法の作用に加えて、演算精度やシステムの制約に応じて臨機応変に指数減衰関数の次数を減らすことができ、演算量の削減を図ることができる。
- [0009] 本発明の第3態様に係る充電率推定方法は、本発明の第1態様に係る充電率推定

方法において、前記指数減衰関数として時間Tに対し、

[0010] (数11)

$$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) + C$$

により表される関数F(T)を用い、5個の係数A1, A2, A5, A6, Cを決定することを特徴とする。

[0011] この発明によれば、本発明の第1態様に係る充電率推定方法の作用に加えて、既存の逐次計算手法によって、関数F(T)に含まれる5個の係数A1, A2, A5, A6, Cを決定することにより、比較的少ない計算量で開回路電圧の収束値を求めることができる。

[0012] 本発明の第3態様に係る充電率推定方法は、本発明の第1態様に係る充電率推定方法において、前記指数減衰関数として時間Tに対し、

[0013] (数12)

$$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) \\ + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

により表される関数F(T)を用い、9個の係数A1～A9を決定することを特徴とする。

[0014] この発明によれば、本発明の第1態様に係る充電率推定方法の作用に加えて、既存の逐次計算手法によって、関数F(T)に含まれる9個の係数A1～A9を決定することにより、比較的少ない計算量で確実に開回路電圧の収束値を求めることができる。

[0015] 本発明の第4態様に係る充電率推定方法は、本発明の第3態様の充電率推定方法において、前記複数の電圧測定値を第1のタイミング以降に取得する場合は、前記関数F(T)を、

[0016] (数13)

$$F(T) = A2 \exp(A6 \cdot T) + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、前記複数の電圧測定値を第2のタイミング以降に取得する場合は、前記関数F(T)を、

[0017] (数14)

$$F(T) = A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、前記複数の電圧測定値を第3のタイミング以降に取得する場合は、前記関数 $F(T)$ を、

[0018] (数15)

$$F(T) = A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換えて、それぞれ前記二次電池の開回路電圧の収束値を求めることを特徴とする。

[0019] この発明によれば、本発明の第3態様の充電率推定方法の作用に加えて、指数減衰関数を用いた演算時に、指数減数関数の次数を電圧測定タイミングに応じて順次減らすことができ、必要な演算精度と演算量のバランスを考慮して充電率の推定演算を最適化することができる。

[0020] 本発明の第5態様に係る充電率推定方法は、本発明の第1～第4態様に係る充電率推定方法によれば、2つ以上の二次電池のうち、少なくとも1つの二次電池について充電率を推定し、前記1つの二次電池が充電率の状態を認識できる。

[0021] 本発明の第6態様に係る充電率推定方法は、本発明の第1～第5態様に係る充電率推定方法によれば、少なくとも2つの二次電池の充電率を推定し、二次電池の充電率、又は／および、充電又は交換の要否の情報と、あるいは、継続使用可能の情報とを表示する表示部と、前記二次電池の履歴を記録する記憶部を有し、少なくとも充電して使用する又は継続して使用可能する二次電池の履歴を保持、又は／及び、継続して判定するプログラムを有する制御・判定部を備える。

[0022] 本発明の第7態様に係る充電率推定装置は、負荷に電力を供給する二次電池の充電率を推定する充電率推定装置であって、前記二次電池の電圧を測定する電圧センサと、前記充電率を推定するための演算を実行制御する制御部と、前記電圧センサから出力される電圧値と、前記制御部による演算処理に必要なデータを記憶する記憶部とを備え、前記制御部は、充放電終了後の所定時間内に前記電圧センサの出力を読み取り、時間軸上で複数の電圧測定値を取得して前記記憶部に格納し、

前記記憶部から読み出した複数の電圧測定値を用いて逐次計算を行い、前記二次電池の開回路電圧の時間特性を近似する2次以上の指数減衰関数の係数を決定し、前記決定した係数に基づき前記二次電池の開回路電圧の収束値を求め、前記開回路電圧の収束値に基づき前記充電率を推定することにより前記演算を実行制御することを特徴とする。

[0023] 本発明の第8態様に係る充電率推定装置は、本発明の第7態様に係る充電率推定装置において、時間軸上で前記複数の電圧測定値を取得するタイミングに応じて、前記2次以上の指数減衰関数に含まれる所定の項を除外して前記二次電池の開回路電圧の収束値を求めることを特徴とする。

[0024] 本発明の第9態様に係る充電率推定装置は、本発明の第7態様に係る充電率推定装置において、前記制御部は、前記指数減衰関数として時間Tに対し、

[0025] (数16)

$$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) + c$$

により表される関数F(T)を用い、5個の係数A1, A2, A5, A6, Cを決定することを特徴とする。

[0026] 本発明の第9態様に係る充電率推定装置は、本発明の第7態様に係る充電率推定装置において、前記制御部は、前記指数減衰関数として時間Tに対し、

[0027] (数17)

$$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

により表される関数F(T)を用い、9個の係数A1～A9を決定することを特徴とする。

[0028] 本発明の第10態様に係る充電率測定装置は、本発明の第9態様に係る充電率推定装置において、前記制御部は、前記複数の電圧測定値を第1のタイミング以降に取得する場合は、前記関数F(T)を、

[0029] (数18)

$$F(T) = A2 \exp(A6 \cdot T) + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、前記複数の電圧測定値を第2のタイミング以降に取得する場合は、前記関数 $F(T)$ を、

[0030] (数19)

$$F(T) = A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、前記複数の電圧測定値を第3のタイミング以降に取得する場合は、前記関数 $F(T)$ を、

[0031] (数20)

$$F(T) = A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換えて、それぞれ前記二次電池の開回路電圧の収束値を求めることを特徴とする。

[0032] これら本発明の第7～第10態様に係る充電率推定装置によれば、上述の発明を適用した装置を構成し、比較的簡単な制御によって二次電池が搭載された装置の信頼性を向上させることができる。

[0033] 本発明の第11態様に係る充電率推定装置は、本発明の第7～第10態様によれば、2つ以上の二次電池のうち、少なくとも1つの二次電池について充電率を推定し、前記1つの二次電池が充電率の状態を認識できる。

[0034] 本発明の第11態様に係る充電率推定装置は、本発明の第7～第11態様によれば、少なくとも2つの二次電池の充電率を推定し、二次電池の充電率、又は／および、充電又は交換の要否の情報と、あるいは、継続使用可能の情報とを表示する表示部と、前記二次電池の履歴を記録する記憶部を有し、少なくとも充電して使用する又は継続して使用可能する二次電池の履歴を保持、又は／及び、継続して判定するプログラムを有する制御・判定部を備える。

[0035] 本発明の第13態様に係る電池システムは、本発明の第7～第12態様に係る充電率推定装置のいずれかを備えている。

[0036] この発明によれば、上述の充電率推定装置を備えた電池システムを構成し、信頼

性が高く使い勝手に優れた電池システムを多様な分野において実現することができる。

[0037] 本発明の第10態様に係る車両用電池システムは、本発明の第5～第8態様に係る充電率推定装置のいずれかを備えるとともに、前記二次電池は、車両に搭載される負荷に電力を供給する車両用二次電池であることを特徴とする。

[0038] この発明によれば、上述の電池システムを車両用途に適用し、車両に搭載される負荷に電力を供給する車両用二次電池の充電率を推定するようにしたので、信頼性が高く使い勝手の良好な車両用電池システムを実現することができる。

#### 発明の効果

[0039] 以上説明したように本発明によれば、二次電池の開回路電圧の時間特性を2次以上の指数減衰関数で近似するようにしたので、短時間内に開回路電圧の収束値を求め、二次電池の充電率を正確に推定することが可能な充電率推定方法等を提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

[0040] [図1]本実施形態に係る電池システムの概略の構成を示すブロック図である。

[図2]本実施形態に係る車両用電池システムの概略の構成を示すブロック図である。

[図3]二次電池の充電終了後における開回路電圧の時間特性を示す図であり、指数減衰関数を用いて開回路電圧を近似する場合の具体例を示す図である。

[図4]本実施形態で用いる指数減衰関数により開回路電圧を近似する場合の次数と精度の関係について示す図である。

[図5]本実施形態に係る車両用電池システムにおいて実行される二次電池の充電率推定に関し、具体的な演算処理の流れを説明するフローチャートである。

[図6]本実施形態の変形例において、4次の指数減衰関数に関し、第1～4項の全ての成分を含む場合の開回路電圧の時間特性である。

[図7]本実施形態の変形例において、4次の指数減衰関数に関し、第1項の成分のみを含む場合の開回路電圧の時間特性である。

[図8]本実施形態の変形例において、4次の指数減衰関数に関し、第2項の成分のみを含む場合の開回路電圧の時間特性である。

[図9]本実施形態の変形例において、4次の指数減衰関数に関し、第3項の成分のみを含む場合の開回路電圧の時間特性である。

[図10]本実施形態の変形例において、4次の指数減衰関数に関し、第4項の成分のみを含む場合の開回路電圧の時間特性である。

[図11]本実施形態の変形例において、充電率推定結果等を表示させる構成である。

[図12]本実施形態の変形例において、蓄電池側と表示側が無線を介して充電率推定結果等を表示させる構成である。

[図13]本実施形態の変形例において、複数の蓄電池を測定する一例である。

[図14]本実施形態の変形例において、1つの装置で複数の蓄電池を管理する例である。

#### 符号の説明

- [0041] 10…二次電池
- 11…充電回路
- 12…電圧センサ
- 13…制御部
- 14…記憶部
- 4, 20…負荷

#### 発明を実施するための最良の形態

[0042] 以下、本発明の好ましい実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施形態においては、各種装置のバックアップ用や各種装置の電源用等の二次電池、あるいは、自動車等の車両に搭載される二次電池の充電率を推定する機能を備えた車両用電池システムに対して本発明を適用する場合を説明する。

[0043] 図1は、本実施形態に係る各種装置のバックアップ用や各種装置の電源用等の二次電池システム、あるいは、車両用電池システムの概略の構成を示すブロック図である。この図1では複数の電池、この図では1つを主二次電池3Aと残りを予備二次電池3Bとを備えるものであり、少なくとも1つの二次電池について充電率を推定するようにしたものである。また、電力制御装置5には、例えば、太陽電池や車両用発電機等の電力源2も接続されていてよい。

[0044] また、図1において、電力制御装置5や充電率推定装置6には、図示しない二次電池の履歴を記録する記憶部を有し、少なくとも充電して使用する又は継続して使用可能な二次電池の履歴を保持、又は／及び、継続して判定するプログラムを有する制御・判定部とを備えるものである。また、劣化状態を判定する劣化判定装置7を備えていてもよい。

[0045] さらに、図1において、少なくとも2つの二次電池の充電率を推定し、二次電池の充電率、又は／および、充電又は交換の要否の情報と、あるいは、継続使用可能の情報とを、図示しない電力制御装置5や充電率推定装置6のコネクタや無線を介して、あるいは、図示しない表示部等を通じてユーザー等へ伝えることが可能にできるものである。

[0046] このようにすれば、少なくとも1つは常に使用可能な二次電池とすることが可能である。

[0047] また、図2は、本実施形態に係る車両用電池システムの概略の構成を示すブロック図である。図2においては、二次電池10と、充電回路11と、電圧センサ12と、制御部13と、記憶部14とを含んで車両用電池システムが構成され、二次電池10から車両の各種装置やモータ等の負荷20に電力を供給する構成になっている。

[0048] 図2の構成において、車両に搭載される負荷20に電力を供給するための二次電池10としては、例えば、車両用の鉛蓄電池が用いられる。充電回路11は、制御部13により充電動作を指示されたとき、所定の充電電流を供給して二次電池10を充電する。電圧セ

ンサ11は、二次電池10の両端の電圧を検出して、制御部13に電圧値を送出する。

[0049] また、制御部13は、CPU等により構成され、車両用電池システム全体の動作を制御するとともに、所定のタイミングで後述の充電率推定のための演算処理を実行し、求めた充電率を車両の制御装置等に送出する。そして、制御部13に接続された記憶部14は、制御プログラム等の各種プログラムを予め記憶するROMや、制御部13による処理に必要なデータを一時的に記憶するRAMなどを含んでいる。

[0050] 次に、本実施形態に係る車両用電池システムにおいて、二次電池10の充電率の推定原理について説明する。上述したように、二次電池10の充電率は、二次電池1

0の開回路電圧と強い相関関係があるため、二次電池10の充電率を推定するには開回路電圧を求めればよい。しかし、二次電池10は、多くの場合、絶えず充放電が繰り返され、二次電池10の電圧はほとんどの場合、分極を含んでいる。正確な二次電池10の充電率を推定するためには、分極の無い二次電池10の電圧の収束値を知る必要があるが、時間経過により分極が消えるまでには、十数時間から数日という極めて長い時間を要する。そのため、二次電池10が安定した状態の開回路電圧を実際に測定するのは困難であるため、本実施形態においては、開回路電圧の時間的な変動を高い精度で近似し得る関数を用い、逐次計算によって前記関数の係数を決定し、少なくとも決定された係数に基づいて短時間で開回路電圧の収束値を推定する。

[0051] 本実施形態においては、二次電池10の開回路電圧の時間特性を近似するための関数として、2次以上の指数減衰関数を想定している。(1)式は、2次の指数減衰関数を一般的に表現する数式である。

[0052] (数21)

$$Y = a1 \exp(-b1 \cdot X) + a2 \exp(-b2 \cdot X) + c \quad (1)$$

ただし、a1、a2、b1、b2、c:係数

(1)式において、入力Xを経過時間とし、出力Yを開回路電圧とし、上記各係数を決定することにより、二次電池10の任意の時点における開回路電圧を近似することができる。

[0053] さらに、本実施形態においては、二次電池10の開回路電圧の時間特性を近似するための関数として、(2)式は、n次の指数減衰関数を一般的に表現する数式である。

[0054] (数22)

$$\begin{aligned} Y = & a1 \exp(-b1 \cdot X) + a2 \exp(-b2 \cdot X) \\ & + a3 \exp(-b3 \cdot X) + a4 \exp(-b4 \cdot X) \\ & + \cdots + an \exp(-bn \cdot X) + c \end{aligned}$$

(2)

ただし、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $\dots$ 、 $a_n$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $\dots$ 、 $b_n$ 、 $c$ :係数

(2)式において、入力 $X$ を経過時間とし、出力 $Y$ を開回路電圧とし、上記各係数を決定することにより、二次電池10の任意の時点における開回路電圧を高精度に近似することができる。

[0055] ここで、本実施形態において、(1)式に基づき開回路電圧を近似する場合、少なくとも $n$ を2以上に設定すればある程度の精度を確保できる。

[0056] さらに、(2)式に基づき開回路電圧を近似する場合、少なくとも $n$ を4以上に設定すれば十分に精度を確保できることが実験的に確認されている。そこで、以下では(2)式で $n=4$ とした場合の4次の指数減衰関数を用いることを前提として説明を行う。

[0057] 図3は、二次電池10の充電終了後60分間における開回路電圧の時間特性を示す図であり、4次の指数減衰関数を用いて開回路電圧を近似する場合の具体例を示す図である。図3においては、比較のために従来の方法として対数関数を用いる場合を示すとともに、実際に測定した二次電池10の開放電圧の実測値をプロットしている。ここで、図3における4次の指数減衰関数については、充電終了後の10分間の実測値を用いて各係数を逐次計算により求めることにより、次の(3)式を用いて計算を行った。

[0058] (数23)

$$Y = 1.80933 \exp(-X/4.65331) + 0.2895 \exp(-X/0.41691) \\ - 0.90055 \exp(-X/4.65129) + 0.9 \exp(-X/0.004) + 13.35703$$

(3)

また、図3における従来の対数関数については、同様の条件下で最適な係数を決定した上で、次の(4)式を用いて計算を行った。

[0059] (数24)

$$Y = -0.2517 \ln(X) + 14.072$$

(4)

[0060] 図3に示すように、従来の対数関数により求めた開回路電圧は、実測値のプロットと誤差があるのに対し、本実施形態の4次の指数減衰関数により求めた開回路電圧は

、ほぼ実測値のプロットに一致していることがわかる。なお、2次の指数減衰関数により求めた開回路電圧においても、対数関数により求めた開回路電圧より誤差が小さくなっている。

[0061] 図3に示すように、時間が経過するに従って従来の対数関数の場合の誤差は大きくなっていき、二次電池10の電圧が収束する程度の時間になると、かなりの大きさになる。そして、従来の対数関数と、本実施形態の4次の指数減衰関数について、それぞれ求めた開回路電圧と実測値との相関係数 $R$ を算出した。その結果、従来の対数関数の場合は、 $R^2=0.9865$ が得られたのに対し、本実施形態の4次の指数減衰関数の場合は、 $R^2=0.99998$ が得られ、格段に精度が向上したことが確認された。このように、従来の対数関数に比べ、本実施形態の4次の指数減衰は正確に開回路電圧を近似することができるため、充電率の推定精度を大きく向上させることができる。ただし、目標とする精度のレベルによっては、2次や3次の指数減衰で推定するものである。

[0062] 次に、上記の指数減衰関数により開回路電圧を近似する場合の次数と精度の関係について図4を用いて説明する。上記(1)式で示される $n$ 次の指数減衰関数において、 $n=1-5$ の範囲で変化させ、充電後10分間の二次電池10の電圧データにより、それぞれ適切な係数を定めた上で開回路電圧を算出した。そして、それぞれの次数に対応する経過時間7日後の開回路電圧の誤差を計算し、図4に示すように各誤差をプロットした。

[0063] 図4からわかるように、(1)式の指数減衰関数の次数が1次の場合は比較的大きな誤差となる、2次、3次の場合は、許容範囲内程度の誤差となり、4次、5次では十分に誤差が小さくなる。よって、(1)式の指数減衰関数の次数が少なくとも2以上にすればある程度の精度を確保でき、さらに4次以上あれば、十分な精度を確保できる。一方、後述するように指数減衰関数を用いて逐次計算を実行する場合、できるだけ計算量を抑える必要があるので、本実施形態においては精度と計算量のバランスを考慮して4次の指数減衰関数を用いるものとする。

[0064] 次に、本実施形態に係る車両用電池システムにおいて実行される二次電池の充電

率推定に関し、具体的な演算処理の流れを図5のフローチャートを用いて説明する。図5に示す演算処理は、主に制御部13が記憶部14に保持される制御プログラムに基づいて実行する処理であり、車両用電池システムにおける二次電池10の充電終了後に所定のタイミングで実行開始される。

- [0065] 図5に示す処理が開始されると、制御部13による演算処理に必要なパラメータの初期設定を行う(ステップS11)。ステップS11の初期設定の対象となるパラメータとしては、二次電池10の電圧サンプル値を取得する際のサンプリング間隔 $\Delta T_s$ とサンプル取得数 $N_s$ 、及び二次電池10の開回路電圧が安定するまでに要する安定時間 $T_x$ がある。例えば、 $\Delta T_s=10$ (秒)、 $N_s=60$ (個)、 $T_x=100000$ (秒)などの初期設定値を用いればよい。この場合、二次電池10の特性に応じた適切な固定的な初期設定値を予め定めておくこともできるが、動作状況などに応じて初期設定値を適宜に変更できるようにしてもよい。
- [0066] 次に、制御部13が所定のタイミングで電圧センサ12から出力される電圧値を順次読み取って、時間軸上で二次電池10の複数の電圧サンプル値を取得する(ステップS12)。上述の初期設定値に基づき、サンプリング間隔 $\Delta T_s$ で測定される $N_s$ 個の電圧サンプル値が順次取得されることになる。制御部13は、取得された各電圧サンプル値を順次記憶部14に格納し必要に応じて読み出す。以下では、ステップS12で取得された $n$ 番目( $n=1, 2, 3 \cdots N_s$ )の電圧サンプル値を $V(n)$ と表すものとする。
- [0067] 次に、二次電池20の開放電圧特性を近似するための4次の指数減衰関数に対応する係数の初期設定を行う(ステップS13)。ここで、図5の演算処理における上述した4次の指数減衰関数としては、次の(5)式で示すように、時間 $T$ に対する $F(T)$ を用いるものとする。
- [0068] (数25)
- $$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$
- (5)
- [0069] ステップS13においては(5)式に含まれる係数 $A1 \sim A9$ について、予め記憶部14に記憶されている初期値を読み出して設定する。これらの係数 $A1 \sim A9$ は、最小二

乗法に基づく最適解を導き出すために用いられ、後述するように計算の過程で値が順次更新されていく。なお、各係数A1～A9の初期値としては、予め実験的に得られた所定値を用いればよい。

[0070] 次に、上述の指数減衰関数F(T)を、n番目のサンプルタイミングのそれぞれに対し適用することにより、次の(6)式で表されるF(n)を計算する(ステップS14)。

[0071] (数26)

$$F(n) = A1 \exp(A5 \cdot n \cdot \Delta Ts) + A2 \exp(A6 \cdot n \cdot \Delta Ts) \\ + A3 \exp(A7 \cdot n \cdot \Delta Ts) + A4 \exp(A8 \cdot n \cdot \Delta Ts) + A9$$

(6)

[0072] ステップS13においては、(6)式のF(n)について全部でNs個の計算値が得られることになる。

[0073] 次に、ステップS14で得られたF(n)と、ステップS12で取得された電圧サンプル値V(n)との差であるR(n)を各サンプルタイミングについて計算する(ステップS15)。すなわち、次の(7)式で表されるNs個のR(n)を求める。

[0074] (数27)

$$R(n) = F(n) - V(n)$$

(7)

[0075] 次に、最小二乗法の適用に際しての各係数A1～A9に対応する偏微分項を計算する(ステップS16)。ステップS16では、次の(8)式で表される各係数A1～A9に対応する偏微分項を各サンプルタイミングについて求める。

[0076] (数28)

$$\begin{aligned} dDFA1(n) &= \exp(A5 \cdot \Delta Ts \cdot n) \\ dDFA2(n) &= \exp(A6 \cdot \Delta Ts \cdot n) \\ dDFA3(n) &= \exp(A7 \cdot \Delta Ts \cdot n) \\ dDFA4(n) &= \exp(A8 \cdot \Delta Ts \cdot n) \\ dDFA4(n) &= A1 \cdot \Delta Ts \cdot n \cdot \exp(A5 \cdot \Delta Ts \cdot n) \\ dDFA5(n) &= A2 \cdot \Delta Ts \cdot n \cdot \exp(A6 \cdot \Delta Ts \cdot n) \\ dDFA4(n) &= A3 \cdot \Delta Ts \cdot n \cdot \exp(A7 \cdot \Delta Ts \cdot n) \\ dDFA4(n) &= A4 \cdot \Delta Ts \cdot n \cdot \exp(A8 \cdot \Delta Ts \cdot n) \end{aligned}$$

(8)

[0077] そして、ステップS16で得られた各偏微分項を用いて最小二乗法の連立方程式に適合する行列Bを計算する(ステップS17)。具体的には、次の(9)式で表される行列Bを求める。

[0078] (数29)

$$\begin{aligned}
 B(1,1) &= \sum_{n=1}^{N_x} \{dDFA1(n)\}^2 \\
 B(1,2) &= \sum_{n=1}^{N_x} \{dDFA1(n) \times dDFA2(n)\} \\
 B(1,3) &= \sum_{n=1}^{N_x} \{dDFA1(n) \times dDFA3(n)\} \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 B(9,9) &= \sum_{n=1}^{N_x} \{dDFA9(n)\}^2
 \end{aligned} \tag{9}$$

[0079] なお、(9)式の行列Bは、 $9 \times 9$ の正方行列であり、かつ、 $B(x, y) = B(y, x)$ の対称行列である。

[0080] 次に、ステップS15で得られた $R(n)$ と、ステップS16で得られた偏微分項とを用いて、次の(10)式で表される $dR$ を計算する(ステップS18)

[0081] (数30)

$$\begin{aligned}
 dR1 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A1(n) \times R(n)\} \\
 dR2 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A2(n) \times R(n)\} \\
 dR3 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A3(n) \times R(n)\} \\
 dR4 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A4(n) \times R(n)\} \\
 dR5 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A5(n) \times R(n)\} \\
 dR6 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A6(n) \times R(n)\} \\
 dR7 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A7(n) \times R(n)\} \\
 dR8 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A8(n) \times R(n)\} \\
 dR9 &= - \sum_{n=1}^{N_x} \{dDF A9(n) \times R(n)\}
 \end{aligned} \tag{10}$$

[0082] 続いて、ステップS17で得られた行列Bと、ステップS18で得られたdRとを用いて、次の(11)式で表される差分ddを計算する(ステップS19)。

[0083] (数31)

$$\begin{pmatrix} dd1 \\ dd2 \\ dd3 \\ dd4 \\ dd5 \\ dd6 \\ dd7 \\ dd8 \\ dd9 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} B(1,1) & B(1,2) & B(1,3) & \cdots & B(1,9) \\ B(2,1) & B(2,2) & & & \cdot \\ B(3,1) & B(3,2) & & & \cdot \\ B(4,1) & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ B(9,1) & & & & B(9,9) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} dR1 \\ dR2 \\ dR3 \\ dR4 \\ dR5 \\ dR6 \\ dR7 \\ dR8 \\ dR9 \end{pmatrix}$$

(11)

[0084] このように、ステップS19においては、係数A1～A9のそれぞれに対応する9個の差分dd1～dd9が得られ、これらに基づき最小二乗法の最適解を評価することができる。

[0085] そして、ステップS19で得られた9個の差分dd1～dd9について、次の(12)式を満たすか否かを判断する(ステップS20)。

[0086] (数32)

$$dd1, dd2, dd3, \cdots dd9 < 10^{-12}$$

(12)

[0087] なお、(12)式の右辺は、 $10^{-12}$ に限られず、ゼロに近いと判断し得る所定値を用いることができる。判断の結果、(12)式を満たすと判断されると(ステップS20; YES)、各差分dd1～dd9が十分ゼロに近いと、その時点で最小二乗法の最適解が得られたものとしてステップS22に進む。一方、(12)式を満たさないと判断されると(ステップS20; NO)、各差分dd1～dd9が大きく最小二乗法の最適解が得られていないものとして、次の(13)式に基づき各々の係数A1～A9を更新する(ステップS21)。

[0088] (数33)

$$\begin{pmatrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \\ A5 \\ A6 \\ A7 \\ A8 \\ A9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A1 + dd1 \\ A2 + dd2 \\ A3 + dd3 \\ A4 + dd4 \\ A5 + dd5 \\ A6 + dd6 \\ A8 + dd7 \\ A8 + dd8 \\ A9 + dd9 \end{pmatrix}$$

(13)

[0089] ステップS21において係数A1～A9が更新されると、再びステップS14に移行して、新しい係数A1～A9を用いて最小二乗法を適用したステップS14～S20の処理を継続する。

[0090] 一方、ステップS20からステップS22に移行する場合は、開回路電圧が長期的に十分安定するときの収束値V0を次の(14)式により計算する(ステップS22)。

[0091] (数34)

$$V0 = A1 \exp(A5 \cdot Tx) + A2 \exp(A6 \cdot Tx) \\ + A3 \exp(A7 \cdot Tx) + A4 \exp(A8 \cdot Tx) + A9$$

(14)

[0092] そして、ステップS22で得られた開回路電圧の収束値V0と、この時点の係数A0～A9を、それぞれ記憶部14に保存する(ステップS23)。これにより、安定状態の開回路電圧が推定されたことになり、必要に応じて記憶部14から読み出して利用することができる。

[0093] 次に、ステップS22で得られた開回路電圧の収束値V0に基づき、二次電池10の充電率を計算する(ステップS24)。一般に、二次電池10の充電率は、開回路電圧の収束値V0及び周囲温度から所定の関数に基づき一律に決定できる。よって、二次電池10に適合する関数を予め求めておき、ステップS24で計算を行うことにより、二次電池10の充電率が推定できることになる。

[0094] 以上説明したように、本実施形態に係る車両用電池システムにおいて、図5に示す演算処理により推定された二次電池10の充電率は車両の制御装置等に送出され、多様な形態で利用することができる。例えば、充電率が所定値より小さい場合にアラ

ームを表示したり、あるいはその時点の充電率を直接表示することができる。この場合、図5の演算処理において高い精度が確保されていることから、常に正確な充電率を推定できるため、信頼性が高く使い勝手の良好な車両用電池システムを実現することができる。

[0095] 次に、本実施形態の変形例について説明する。上述したように、本実施形態に係る車両用電池システムでは、逐次計算の精度を確保するため、開回路電圧を4次以上の指数減衰関数で近似する場合を説明した。しかしながら、4次以上の指数減衰関数を設定した場合であっても、車両用電池システムの状況によっては、低い次数の指数減衰関数を用いて逐次計算を行うような処理も可能である。以下、本実施形態の変形例においては、指数減衰関数の次数を実質的に低くすることにより演算量の低減を実現可能な演算処理の具体的方法を説明する。

[0096] 本変形例においては、二次電池10に対して図5に示す処理を開始後、時間軸上で所定時間が経過したときの上記複数の電圧サンプル値を取得するタイミング(以下、電圧測定タイミングと呼ぶ)に応じて、指数減衰関数における各項の影響の度合が異なることを利用し、時間経過に伴って十分に小さくなる項を除外した指数減衰関数を用いて演算処理を行うものである。ここで、本変形例の具体例として、二次電池10として車両用鉛シール電池を想定した場合を説明する。このとき、二次電池10に適合する4次の指数減衰関数を決定し、逐次計算に用いる近似式を次の(16)式で与えるものとする。

[0097] (数35)

$$Y = 1.01707 \exp(-0.2328 \cdot T) + 0.38436 \exp(-0.02577 \cdot T) \\ + 0.15783 \exp(-8.0717E - 4 \cdot T) + 0.12104 \exp(-1.8876E - 5 \cdot T) + 12.7216$$

(16)

[0098] そして、上記(16)式に関し、第1～4項に基づく開回路電圧の時間特性を検証した。その結果を、図6～10に示す。まず、図6は、(16)式において、定数項のみを除いて、第1～第4項の全ての成分を含む場合の時間特性であり、次の(17)式により算出したものである。

[0099] (数36)

$$Y = 1.01707 \exp(-0.2328 \cdot T) + 0.38436 \exp(-0.02577 \cdot T) \\ + 0.15783 \exp(-8.0717E - 4 \cdot T) + 0.12104 \exp(-1.8876E - 5 \cdot T)$$

(17)

[0100] 図6に示すように、時間経過とともに各項は減衰していくので、開回路電圧がゼロに収束していく。しかし、処理開始後の短時間内では、(17)式の変化の影響が存在することがわかる。

[0101] 次に、図7は、(16)式において第1項の成分のみを含む場合の時間特性であり、次の(18)式により算出したものである。

[0102] (数37)

$$Y = 1.01707 \exp(-0.2328 \cdot T)$$

(18)

[0103] 同様に、(17)式における第2～4項のいずれかの成分のみを含む場合として、図8は第2項の成分のみを含む場合の時間特性であり、図9は第3項の成分のみを含む場合の時間特性であり、図10は第4項の成分のみを含む場合の時間特性である。そして、図8の時間特性に対応する(19)式と、図9の時間特性に対応する(20)式と、図10の時間特性に対応する(21)式をそれぞれ以下に示す。

[0104] (数38)

$$Y = 0.38436 \exp(-0.02577 \cdot T)$$

(19)

[0105] (数39)

$$Y = 0.15783 \exp(-8.0717E - 4 \cdot T)$$

(20)

[0106] (数40)

$$Y = 0.12104 \exp(-1.8876E - 5 \cdot T)$$

(21)

[0107] 図7～図10に示すように、時間経過の初期段階での減衰の傾向は、(16)式の各項の成分ごとに異なり、長時間が経過するとゼロに収束していく。このとき、最も急峻に減衰するのは図7に示す第1項の場合であり、続いて第2項、第3項、第4項の順で

減衰の度合が緩やかになることがわかる。また、図7～図10と、(18)～(21)式を比較すると、時間Tに対する係数が大きいほど、短時間で減衰する関係にある。

[0108] 本変形例では、指数減衰関数における各項の減衰の度合に相違があることに着目し、時間特性における電圧測定タイミングを遅らせて特定の項を含まない形で演算処理を行うことにより、演算量の削減を図るものである。そして、上述したように二次電池10として車両用鉛シール電池を想定し、4次の指数減衰関数を適用する場合の電圧測定タイミングとの関係の具体例を表1に示す。

[0109] [表1]

| 電圧測定タイミング (秒) | 指数減衰関数 (4次) の各項の適用 |
|---------------|--------------------|
| 0～10          | 第1項+第2項+第3項+第4項    |
| 10～60         | 第2項+第3項+第4項        |
| 60～600        | 第3項+第4項            |
| 600～          | 第4項                |

[0110] まず、表1に示す適用条件において、図5に示す演算処理の開始時点から10秒経過前にステップS12で電圧サンプル値を取得する場合、第1～4項の全てを含む形の指数減衰関数を適用する。このような初期段階では、指数減衰関数の各項の影響は比較的大きいため、演算精度を十分に確保するには、4項全てを用いて本来の4次に指数減数関数を適用して演算を行う必要がある。

[0111] これに対し、演算処理の開始時点から10秒経過したタイミングでは、指数減衰関数の第1項が無視できる程度に減衰するので、第1項を除き第2～4項を含む形の指数減衰関数を適用する。また、演算処理の開始時点から60秒経過したタイミングでは、指数減衰関数の第1項に加えて第2項も無視できる程度に減衰するので、第1、2項を除き第3、4項を含む形の指数減衰関数を適用する。さらに、演算処理の開始時点から600秒経過したタイミングでは、指数減衰関数の第1、2項に加えて第3項も無視できる程度に減衰するので、第1～3項を除き第4項のみを含む形の指数減衰関数を適用する。

[0112] このように、演算処理の開始時点から電圧測定タイミングまでに要する時間が長くなるほど、指数減衰関数の次数を実質的に減らすことができ、演算量を抑えることがで

きる。このとき、逐次計算に対して確保すべき演算精度の要求に適合する範囲内で、指数減衰関数の各項についての適用の有無を判断する必要がある。例えば、許容誤差5%などの基準

を設定し、上述の各項のみ算出値を許容誤差よりも小さくなる場合、指数減衰関数の該当する項を除外して演算を行うようにすればよい。

[0113] また、車両用電池システムにおけるシステム上の制約によって、演算処理の開始時点から電圧測定タイミングまでの時間が規定される場合がある。すなわち、車両用電池システムで、図5の処理を行う時間は、二次電池10の通常の充電及び放電を停止することになるため、一定の時間範囲内で図5の演算処理を完了させる必要があり、これにより電圧測定タイミングが制約を受ける可能性がある。従って、確保すべき演算精度とシステム上の制約の双方を考慮して、電圧測定タイミングと指数減衰関数の各項の適用条件を定めることが望ましい。

[0114] 本変形例における演算処理を行う場合、基本的な処理の流れは図5のフローチャートと共通する。ただし、図5のステップS12で電圧サンプル値を取得するのに先立って、処理開始からの時間経過を計時し、予め設定された電圧測定タイミングの到来を監視する必要がある。そして、電圧測定タイミングにおいて取得した電圧サンプル値を用いてステップS13以降の処理を実行する際、4次の指数減衰関数に含まれる所定の項を除外する形で演算を行えばよい。

[0115] なお、本変形例においては、二次電池10として車両用鉛シール電池を想定した場合を説明したが、他の種類の二次電池を用いる場合であっても、本変形例を適用した演算処理を行うことが可能である。ただし、二次電池10の種類、特性に応じて指数減衰関数の形が異なるので、それぞれに最適な適用方法を考慮する必要がある。

[0116] 以上説明したように、本実施形態においては、二次電池10の開回路電圧の時間特性を近似するために4次以上の指数減衰関数を用いる場合を説明したが、このような4次以上の指数減衰関数に加えて多項式関数等の他の関数を複合的に用いるようにしてもよい。

[0117] また、本実施形態において、二次電池10の開回路電圧の時間特性を近似する4次以上の指数減衰関数を用いる場合を説明したが、このような4次以上の指数減衰関

数に加えて多項式関数等の他の関数を複合的に用いるようにしてもよい。

[0118] また、本実施形態において、(5)式に示す4次の指数減衰関数は、9個の係数A1～A9を含むものであるが、次の(22)式に示すように10個の係数A1～A10を含む4次の指数減衰関数を用いてもよい。

[0119] (数41)

$$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) \\ + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) - A9 \cdot T + A10$$

(22)

[0120] 上記の(22)式において、 $-A9 \cdot T$ で表される項を想定したものである。かかる項は、充電終了後の二次電池10から、例えば、制御部13や記憶部14に所定の電流を供給する場合の時間特性を考慮したものである。このような場合であっても、演算処理において(22)式の10個の係数A1～A10を決定するようにすれば、本発明の効果を達成することができる。

[0121] また、本実施形態では、各種装置のバックアップ用や各種装置の電源用等の二次電池、あるいは、車両に搭載される車両二次電池の充電率を推定する構成を備えた車両用電池システムの場合を説明したが、本発明はこれらの用途に限られることなく、一般的な二次電池を搭載した各種装置に対して広く適用することができる。

[0122] 例えば、図11に示すように、二次電池の充電率判定を行うためのシステム100は、二次電池である二次電池Bの電流、電圧、抵抗、温度等のデータを取得する検知回路101と、検知回路101からデータを受取って二次電池Bの充電率判定を行う制御・判定装置102と、判定結果を各種態様で表示する表示部103と、を備えるようにしてもよい。

[0123] このような構成とすることにより、検知回路101は、二次電池である二次電池Bの電流、電圧、抵抗、温度等のデータを取得し、測定したデータを制御・判定装置102をやりとりする。

これにより制御・判定装置102は、データを受取って二次電池Bの充電率判定を行い、判定結果を各種態様で表示部103に表示する。

この結果、ユーザーは、二次電池である二次電池Bの状態を容易に把握することができる。

- [0124] この場合において、表示部103は、ランプの数や色、文字、音声等とそれらを2つ以上組合せて、二次電池である二次電池Bの状態、例えば、交換の必要の有無や、推奨される交換時期等を示すように構成することも可能である。

さらに、表示部103は、テレビモニタ、コンピュータディスプレイ、GPS装置(カーナビゲーション等)の表示部等の画面での表示であってよい。

なお、音声のみで伝える方式であってよい。

- [0125] また、図12に示すように、二次電池の状態を検知、判別するための検知回路101、制御・判定装置102を二次電池の設置側に配置し、表示部103を所望の位置に設けるように構成することも可能である。

- [0126] 具体的には、二次電池の状態を検知、判別するための検知回路101、制御・判定装置102を二次電池Bの設置側に配置し、制御・判定装置102は、検知回路101からデータを受取って二次電池Bの充電率判定を行い、判定結果データを無線装置110を介して表示部103側に送信する。

- [0127] この結果、表示部103側に設置された無線装置111を介して、コンピュータ112が判定結果データを受信し、表示部103を制御して判定結果を各種態様で表示する。

- [0128] なお、図12の二次電池設置側に制御・判定装置102が無くてもよく、検知回路101にて得られる温度、電圧や抵抗等のデータについて無線装置110を介し表示側で受け、表示側に制御・判定装置を設ける、あるいは、コンピュータ112にて充電率判定をするようにしてもよい。

- [0129] このように構成することにより、例えば、複数の表示部を設ける、又は、複数箇所(二次電池製造メーカ、保守・メンテナンス拠点等)毎に設けた表示部から二次電池の状態を監視し、あるいは、1箇所の表示部により、複数の二次電池の監視や管理を行える。それらの際、二次電池を区別するシリアル番号やID番号等を付与しておけば、二次電池の個体識別が容易に行うことが可能となる。

- [0130] また、図11のような有線式、図12のような無線式等の伝送路の形態に係らず、例えば、電話回線やインターネット等のネットワークを介して二次電池の充電率情報を電

子データ(文字、画像、音声)として、携帯電話やコンピュータ等の情報端末等から見られるようにしてもよい。

[0131] また、その他の実施例として、図13のように複数の二次電池が離れた場所にあつて、1箇所の回路を切換える、又は／及び回路制御することが可能な二次電池充電率判定装置104において、二次電池A, B, Cに回路を切換えて充電率判定をすることができる。その際、電氣的情報(電圧、電流、抵抗等)は離れた場所の二次電池充電率判定装置で判定可能であるが、温度測定は二次電池の近傍や二次電池106毎に温度センサ105を備えることが望ましい。このようにすれば、例えば、観測装置や通信装置毎に設置した複数の二次電池の充電率判定を行える。また、車両においても座席の下や前後の収納スペース等に複数個設置した場合に、少なくとも1つの二次電池の充電率判定を行うことができる。さらに、1箇所の二次電池充電率判定装置やコンピュータで管理することもできる。

[0132] また、その他の実施例として、図14のように複数の二次電池106のうち、1つは二次電池充電率判定装置107が二次電池106aの近傍にある。他の1つは二次電池充電率判定装置108が二次電池106bに取付けられるものである。なお、図14では他方の二次電池106cは充電率判定をしないものである。

[0133] また、図14では、装置・電源制御装置109には、GPS(Global Positioning System)装置110、照明111、稼動部112等が接続される。装置・電源制御装置109よつて電源を供給又は／及び制御をする。例えば、照明111の点灯・消灯、稼動部112の動作制御やエネルギー消費量の制御等をするものである。なお、GPS装置110は位置や標高の他に時間も検出できるので、装置・電源制御装置109他の時刻合わせに利用することができる。このようにすれば、装置・電源制御装置109によつて複数の二次電池106を管理し、表示部103aに二次電池106の充電率状態を表示することができる。さらに、装置・電源制御装置109、二次電池充電率判定装置や図示しないコンピュータ等にはコネクタや無線(赤外線等)を介して外部機器と情報の送受信ができる、充電率判定情報の授受や制御プログラムのインストールや更新ができるようにしてよい。

[0134] さらに、複数の二次電池の充電率を判定することにより、ほぼ同時期に交換や充電

をした二次電池について、負荷状況や環境等による充電率状況や寿命等を予測することも可能となり、予測される交換や充電時期をユーザーに報せることもできる。

[0135] さらに、図11又は図12のような表示部103と、前記二次電池の履歴を記録する記憶部(図示しない)を有し、少なくとも充電して使用する又は継続して使用可能する二次電池の履歴を保持、又は／及び、継続して判定するプログラムを有する制御・判定部(図2の電力制御装置5や二次電池充電率判定装置6等)を備え、二次電池の充電率状態を判定することができる。

[0136] このようにすれば、少なくとも1つは常に使用可能な二次電池とすることが可能である。従って、例えば、常時電源が活きている必要があるようなシステムや装置に本発明を取り入れると有効である。

## 請求の範囲

- [1] 負荷に電力を供給する二次電池の充電率を推定する充電率推定方法であって、  
 充放電終了後の所定時間内に前記二次電池の電圧を測定し、時間軸上で複数の  
 電圧測定値を取得し、  
 前記複数の電圧測定値を用いて逐次計算を行い、前記二次電池の開回路電圧の  
 時間特性を近似する2次以上の指数減衰関数の係数を決定し、  
 少なくとも前記決定した係数に基づき前記二次電池の開回路電圧の収束値を求め  
 、  
 前記開回路電圧の収束値に基づき前記充電率を推定する、  
 ことを特徴とする充電率推定方法。
- [2] 時間軸上で前記複数の電圧測定値を取得するタイミングに応じて、前記2次以上  
 の指数減衰関数に含まれる所定の項を除外して前記二次電池の開回路電圧の収束  
 値を求めることを特徴とする請求項1に記載の充電率推定方法。
- [3] 前記指数減衰関数として時間Tに対し、  
 (数1)
- $$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) + c$$
- [4] 前記指数減衰関数として時間Tに対し、  
 (数2)
- $$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$
- により表される関数F(T)を用い、9個の係数A1～A9を決定することを特徴とする  
 請求項1に記載の充電率推定方法。
- [5] 前記複数の電圧測定値を第1のタイミング以降に取得する場合は、前記関数F(T)  
 を、  
 (数3)
- $$F(T) = A2 \exp(A6 \cdot T) + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、

前記複数の電圧測定値を第2のタイミング以降に取得する場合は、前記関数 $F(T)$ を、

(数4)

$$F(T) = A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、

前記複数の電圧測定値を第3のタイミング以降に取得する場合は、前記関数 $F(T)$ を、

(数5)

$$F(T) = A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換えて、それぞれ前記二次電池の開回路電圧の収束値を求めることを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の充電率推定方法。

- [6] 2つ以上の二次電池のうち、少なくとも1つの二次電池について充電率を推定し、前記1つの二次電池が充電率の状態を認識できることを特徴とする請求項1～請求項5のいずれかに記載の充電率推定方法。
- [7] 少なくとも2つの二次電池の充電率を推定し、二次電池の充電率、又は／および、充電又は交換の要否の情報と、あるいは、継続使用可能の情報とを表示する表示部と、前記二次電池の履歴を記録する記憶部を有し、少なくとも充電して使用する又は継続して使用可能する二次電池の履歴を保持、又は／及び、継続して判定するプログラムを有する制御・判定部を備えることを特徴とする請求項1～請求項6のいずれかに記載の充電率推定方法。
- [8] 負荷に電力を供給する二次電池の充電率を推定する充電率推定装置であって、前記二次電池の電圧を測定する電圧センサと、前記充電率を推定するための演算を実行制御する制御部と、前記電圧センサから出力される電圧値と、前記制御部による演算処理に必要なデータを記憶する記憶部と、を備え、

前記制御部は、充放電終了後の所定時間内に前記電圧センサの出力を読み取り、時間軸上で複数の電圧測定値を取得して前記記憶部に格納し、前記記憶部から読み出した複数の電圧測定値を用いて逐次計算を行い、前記二次電池の開回路電圧の時間特性を近似する2次以上の指数減衰関数の係数を決定し、前記決定した係数に基づき前記二次電池の開回路電圧の収束値を求め、前記開回路電圧の収束値に基づき前記充電率を推定することにより前記演算を実行制御することを特徴とする充電率推定装置。

- [9] 時間軸上で前記複数の電圧測定値を取得するタイミングに応じて、前記2次以上の指数減衰関数に含まれる所定の項を除外して前記二次電池の開回路電圧の収束値を求めることを特徴とする請求項8に記載の充電率推定装置。

- [10] 前記指数減衰関数として時間Tに対し、  
(数6)

$$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) + C$$

により表される関数F(T)を用い、5個の係数A1, A2, A5, A6, Cを決定すること  
を特徴とする請求項8に記載の充電率推定装置。

- [11] 前記制御部は、前記指数減衰関数として時間Tに対し、  
(数7)

$$F(T) = A1 \exp(A5 \cdot T) + A2 \exp(A6 \cdot T) \\ + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

により表される関数F(T)を用い、9個の係数A1～A9を決定することを特徴とする  
請求項8に記載の充電率推定装置。

- [12] 前記制御部は、前記複数の電圧測定値を第1のタイミング以降に取得する場合は、  
前記関数F(T)を、  
(数8)

$$F(T) = A2 \exp(A6 \cdot T) + A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、

前記複数の電圧測定値を第2のタイミング以降に取得する場合は、前記関数 $F(T)$ を、

(数9)

$$F(T) = A3 \exp(A7 \cdot T) + A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

に置き換え、

前記複数の電圧測定値を第3のタイミング以降に取得する場合は、前記関数 $F(T)$ を、

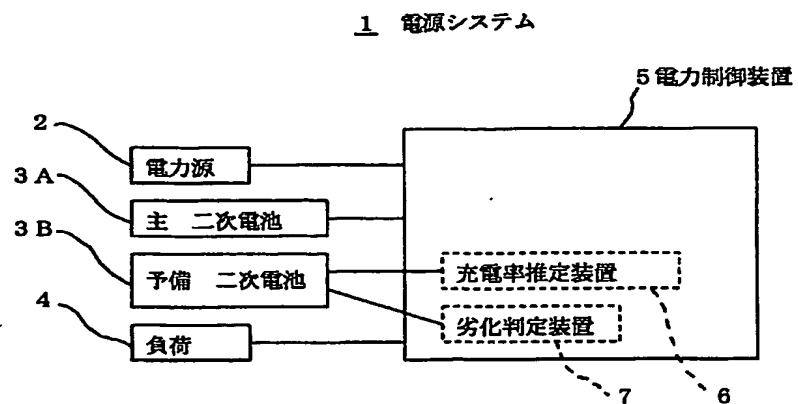
(数10)

$$F(T) = A4 \exp(A8 \cdot T) + A9$$

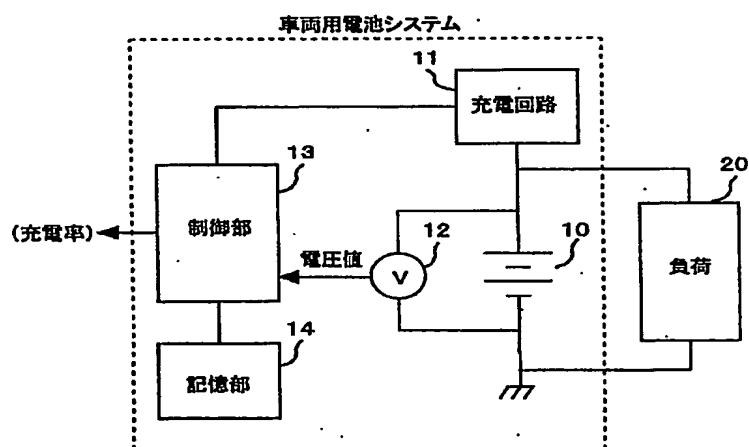
に置き換えて、それぞれ前記二次電池の開回路電圧の収束値を求めることを特徴とする請求項8に記載の充電率推定装置。

- [13] 2つ以上の二次電池のうち、少なくとも1つの二次電池について充電率を推定し、前記1つの二次電池が充電率の状態を認識できることを特徴とする請求項8～請求項12のいずれかに記載の充電率推定装置。
- [14] 少なくとも2つの二次電池の充電率を推定し、二次電池の充電率、又は／および、充電又は交換の要否の情報と、あるいは、継続使用可能の情報とを表示する表示部と、前記二次電池の履歴を記録する記憶部を有し、少なくとも充電して使用する又は継続して使用可能する二次電池の履歴を保持、又は／及び、継続して判定するプログラムを有する制御・判定部を備えることを特徴とする請求項8～請求項13のいずれかに記載の充電率推定装置。
- [15] 請求項8から請求項14のいずれかに記載の充電率推定装置を備えた電池システム。
- [16] 請求項8から請求項14のいずれかに記載の充電率推定装置を備えるとともに、前記二次電池は、車両に搭載される負荷に電力を供給する車両用二次電池であることを特徴とする車両用電池システム。

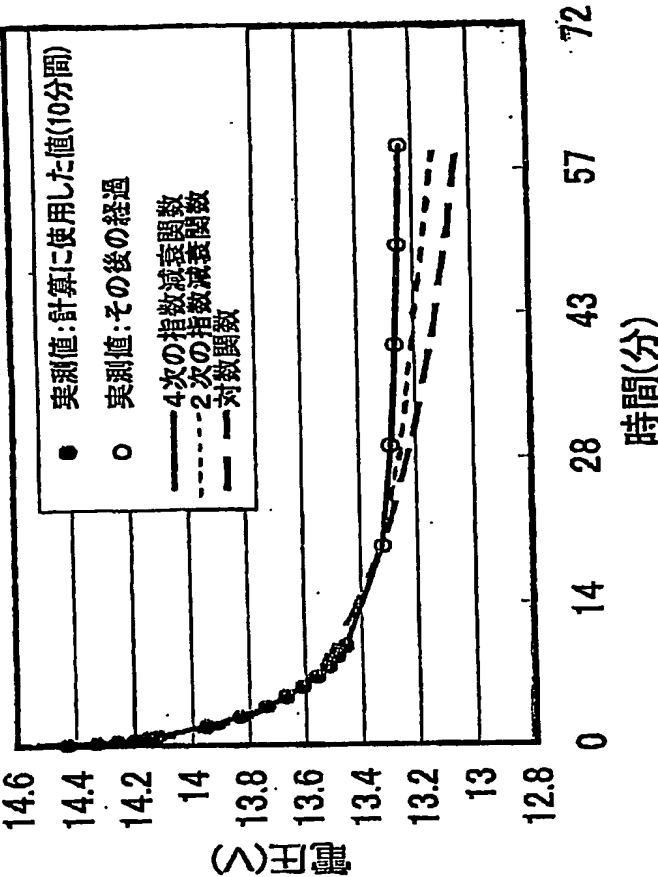
[図1]



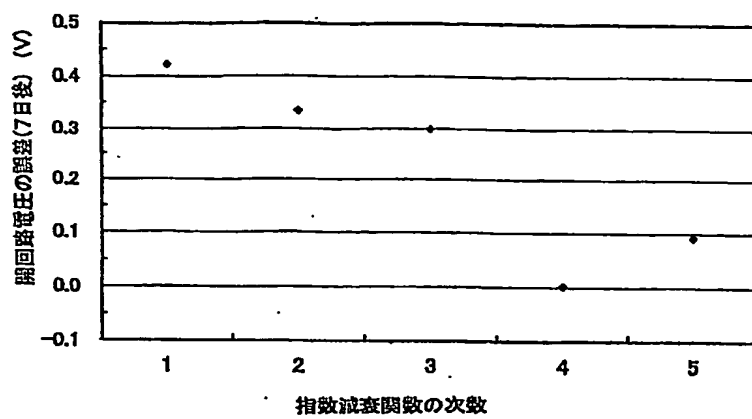
[図2]



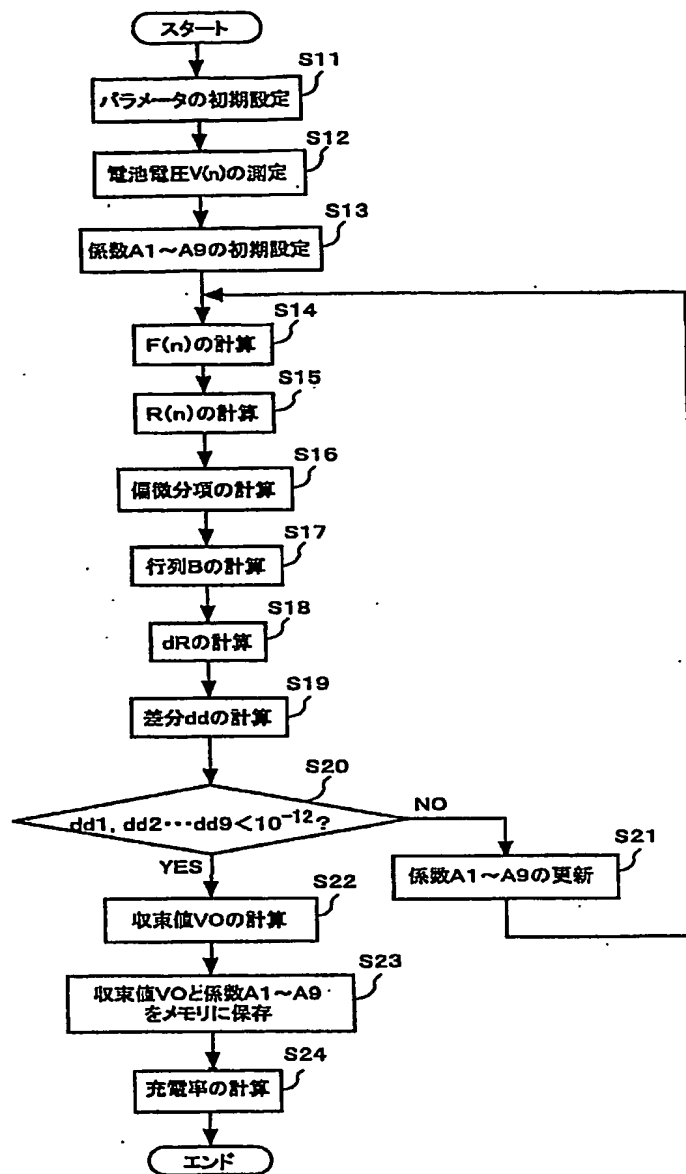
[図3]



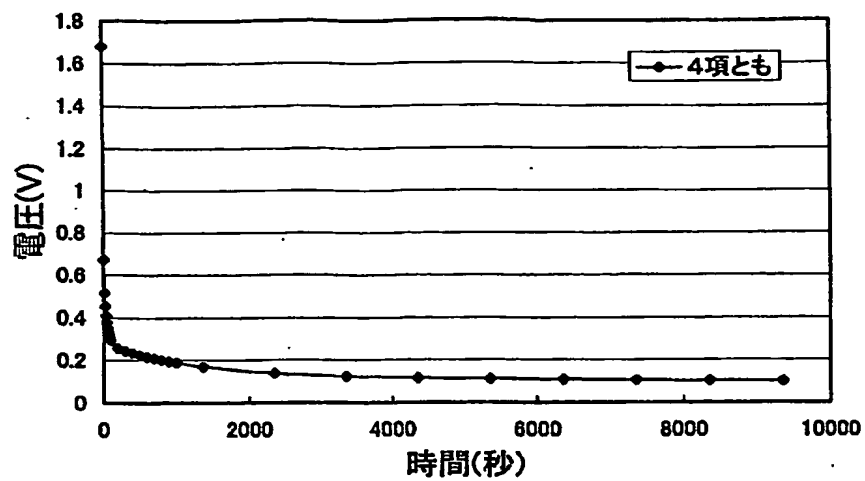
[図4]



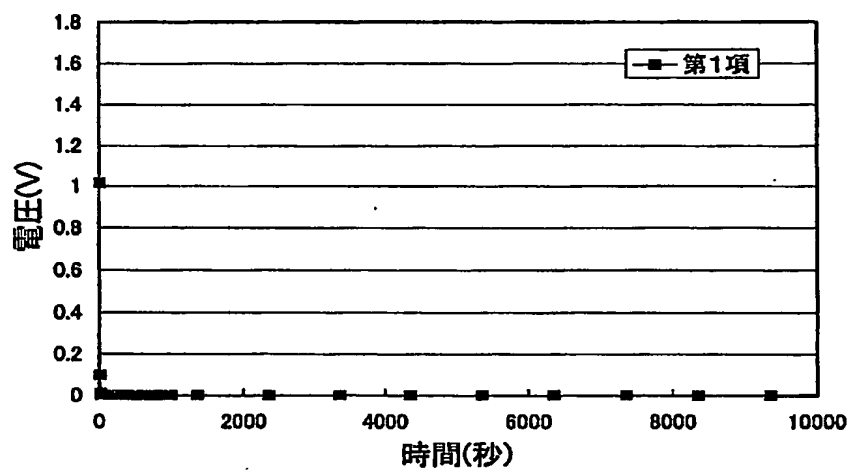
[図5]



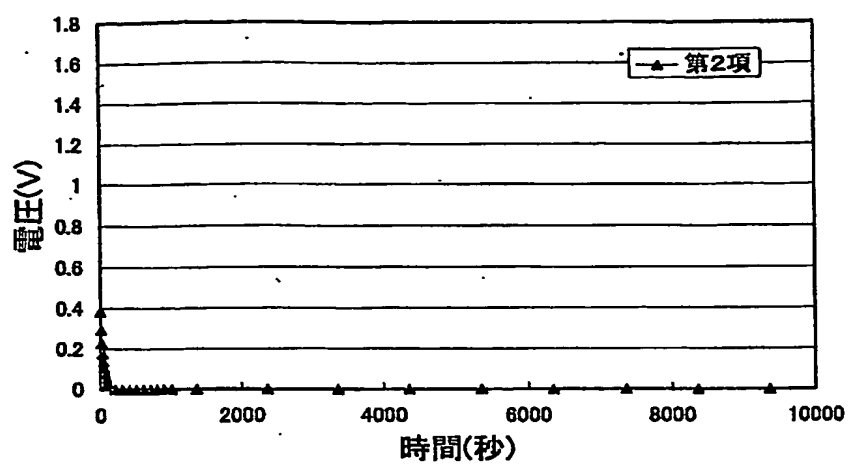
[図6]



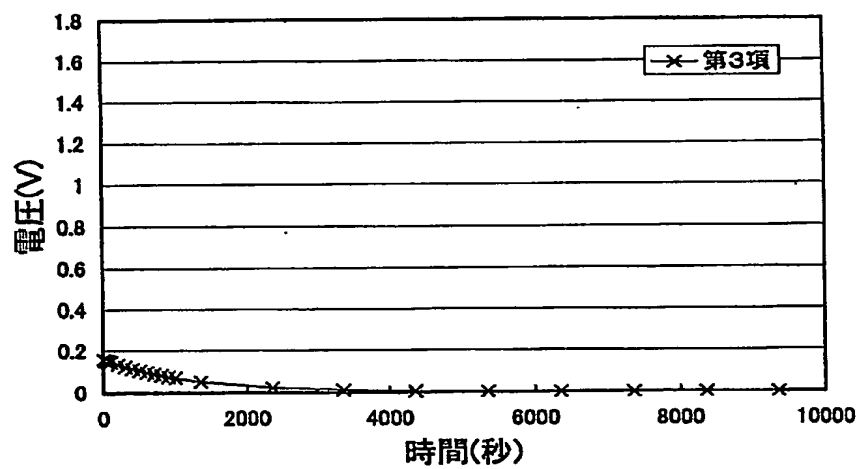
[図7]



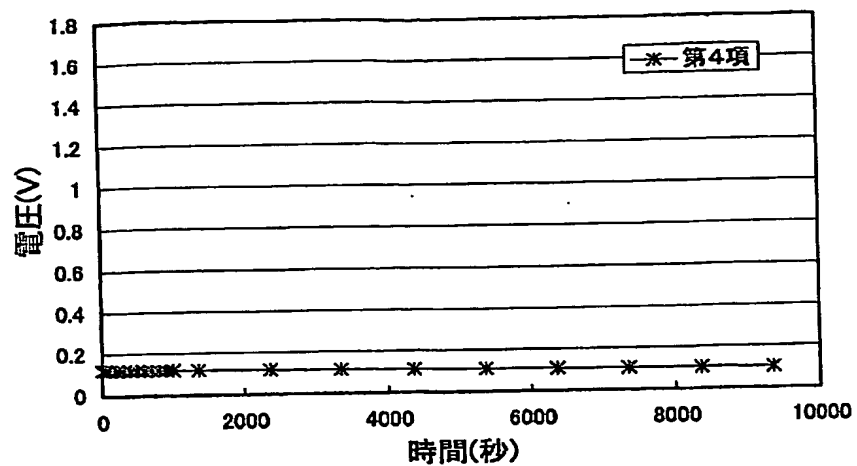
[図8]



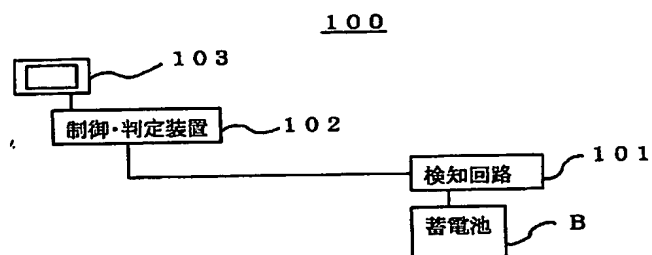
[図9]



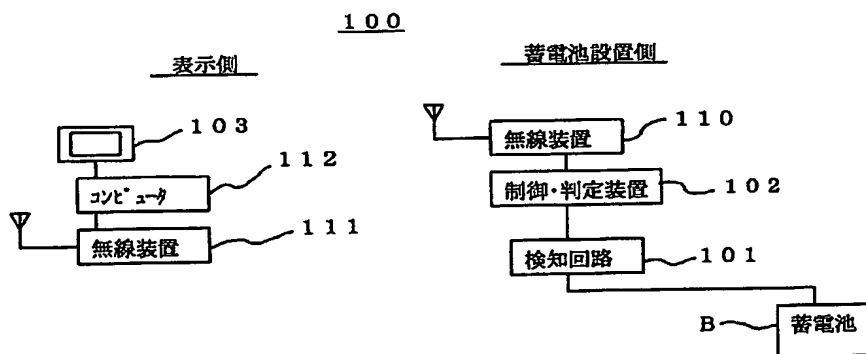
[図10]



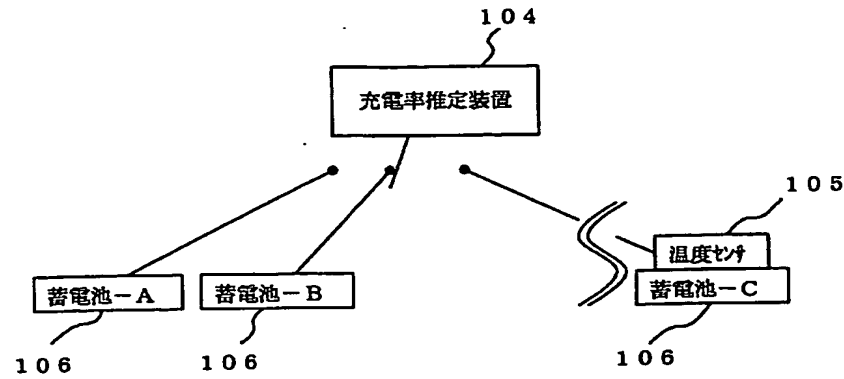
[図11]



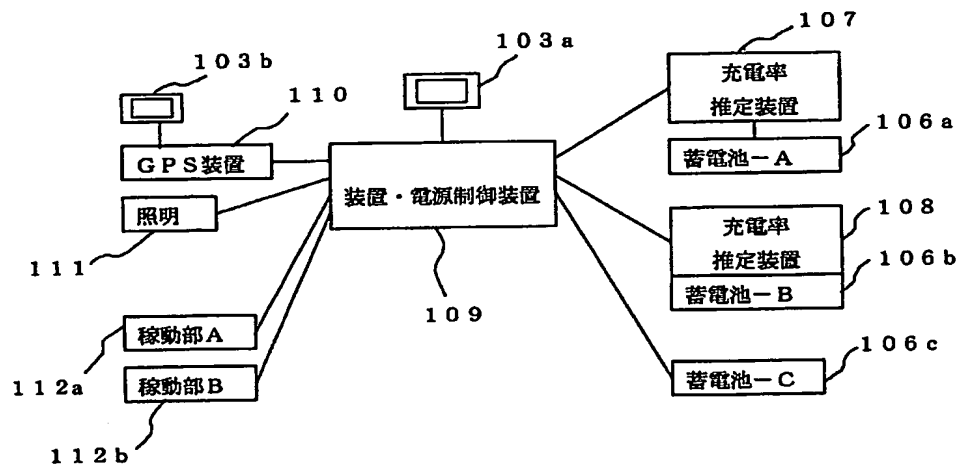
[図12]



[図13]



[図14]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009749

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01R31/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                               | Relevant to claim No.         |
|-----------|--|-------------------------------|
| Y<br>A    | JP 3-158781 A (Hitachi, Ltd.),<br>08 July, 1991 (08.07.91),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)         | 1, 6-8,<br>13-16<br>2-5, 9-12 |
| Y<br>A    | JP 7-98367 A (Honda Motor Co., Ltd.),<br>11 April, 1995 (11.04.95),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none) | 1, 6-8,<br>13-16<br>2-5, 9-12 |
| Y<br>A    | JP 2002-234408 A (Yazaki Corp.),<br>20 August, 2002 (20.08.02),<br>& US 2002/113594 A1 & GB 2373864 A            | 1, 6-8,<br>13-16<br>2-5, 9-12 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
27 August, 2004 (27.08.04)

Date of mailing of the international search report  
14 September, 2004 (14.09.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009749

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                              | Relevant to claim No.         |
|-----------|---|-------------------------------|
| Y<br>A    | JP 2002-250757 A (Yazaki Corp.),<br>06 September, 2002 (06.09.02),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none) | 1, 6-8,<br>13-16<br>2-5, 9-12 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G01R 31/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G01R 31/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                            | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| Y               | J P 3-158781 A (株式会社日立製作所)<br>1991. 07. 08, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1, 6-8,<br>13-16 |
| A               |  | 2-5,<br>9-12     |
| Y               | J P 7-98367 A (本田技研工業株式会社)<br>1995. 04. 11, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1, 6-8,<br>13-16 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 08. 2004

国際調査報告の発送日

14. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
武田 知晋

2 S 9805

電話番号 03-3581-1101 内線 3256

## C (続き). 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A               |  | 2-5,<br>9-12     |
| Y               | JP 2002-234408 A (矢崎総業株式会社)<br>2002.08.20<br>& US 2002/113594 A1<br>& GB 2373864 A | 1, 6-8,<br>13-16 |
| A               |  | 2-5,<br>9-12     |
| Y               | JP 2002-250757 A (矢崎総業株式会社)<br>2002.09.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)                        | 1, 6-8,<br>13-16 |
| A               |  | 2-5,<br>9-12     |